

## Princípios para Elaboração de Fluxogramas de Procedimentos Experimentais Químicos

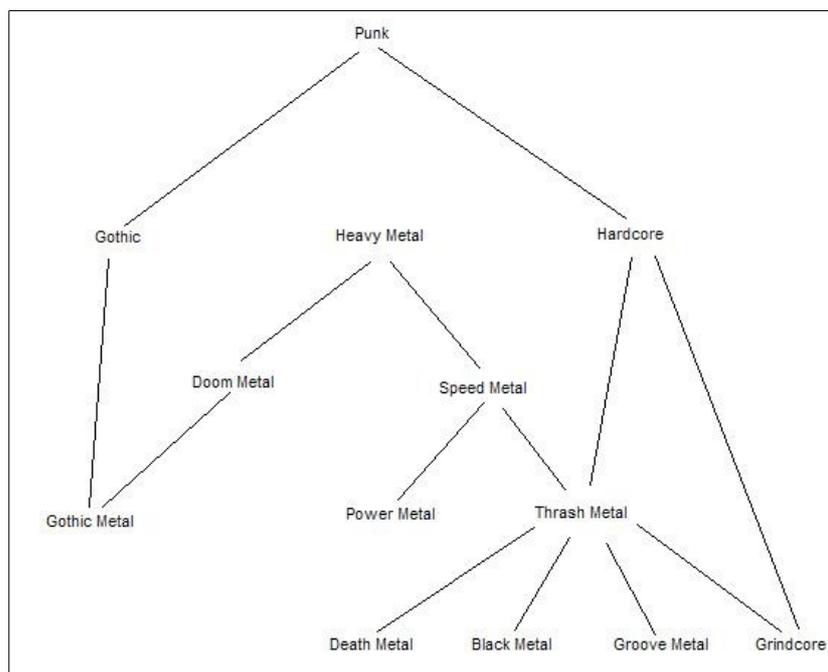
Guilherme A. Marson

### O que são fluxogramas?

Fluxogramas são um tipo de diagrama. Um diagrama é um tipo de desenho que organiza elementos (idéias, conceitos, pessoas, processos etc.) de forma visual. Se prestam a explicitar quais elementos são importantes e o tipo de relação entre eles.

Diagramas são formas de representação muito sintéticas que podem condensar grandes quantidades de informação. Um texto longo de muitas páginas pode ser vertido em um único diagrama de uma única página. E um diagrama simples pode resultar em grandes volumes de informação quando vertido em texto. É possível também produzir diferentes diagramas a partir de um mesmo texto ou conceito. Diversos tipos de diagramas podem ser elaborados. Quando um diagrama se presta a uma finalidade específica recebe um nome relacionado a esta finalidade.

Um **ordenograma**, por exemplo, é um diagrama que exprime relações hierárquicas entre seus elementos. Num ordenograma, os elementos são agrupados pelas suas propriedades comuns. A árvore genealógica é um ordenograma em que os elementos são as pessoas, e a propriedade organizadora é o grau de parentesco entre elas.



*Figura 1: O ordenograma acima organiza diferentes gêneros musicais segundo suas semelhanças.*

*Fonte: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AHeavy\\_metal\\_genealogic\\_tree.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AHeavy_metal_genealogic_tree.svg)*

Um **fluxograma** é um diagrama que organiza seus elementos em função do **tempo**.

Em geral, os fluxogramas são utilizados para descrever **processos**, isto é, o conjunto de **ações** por meio das quais se obtenha um **produto**.

Num fluxograma, os elementos são organizados em função da **ordem temporal** em que participam do processo, podendo ser pontos de partida, produtos finais, intermediários, elementos agregados ao processo bem como elementos que dele emanam antes do produto final.

O fluxograma que representa um processo deve exprimir:

- 1) Todos os elementos envolvidos, distinguindo-se:
  - a) elementos de partida
  - b) elementos intermediários
  - c) elementos acrescentados
  - d) elementos retirados
  - e) produto(s) ou resultado(s) final(is) do processo
- 2) Todas as ações envolvidas no curso do processo
- 3) A ordem das ações necessária para consecução do processo
- 4) Havendo ramificações nos processos, estas devem estar claramente indicadas, como aquelas que levam a obtenção de produtos distintos.

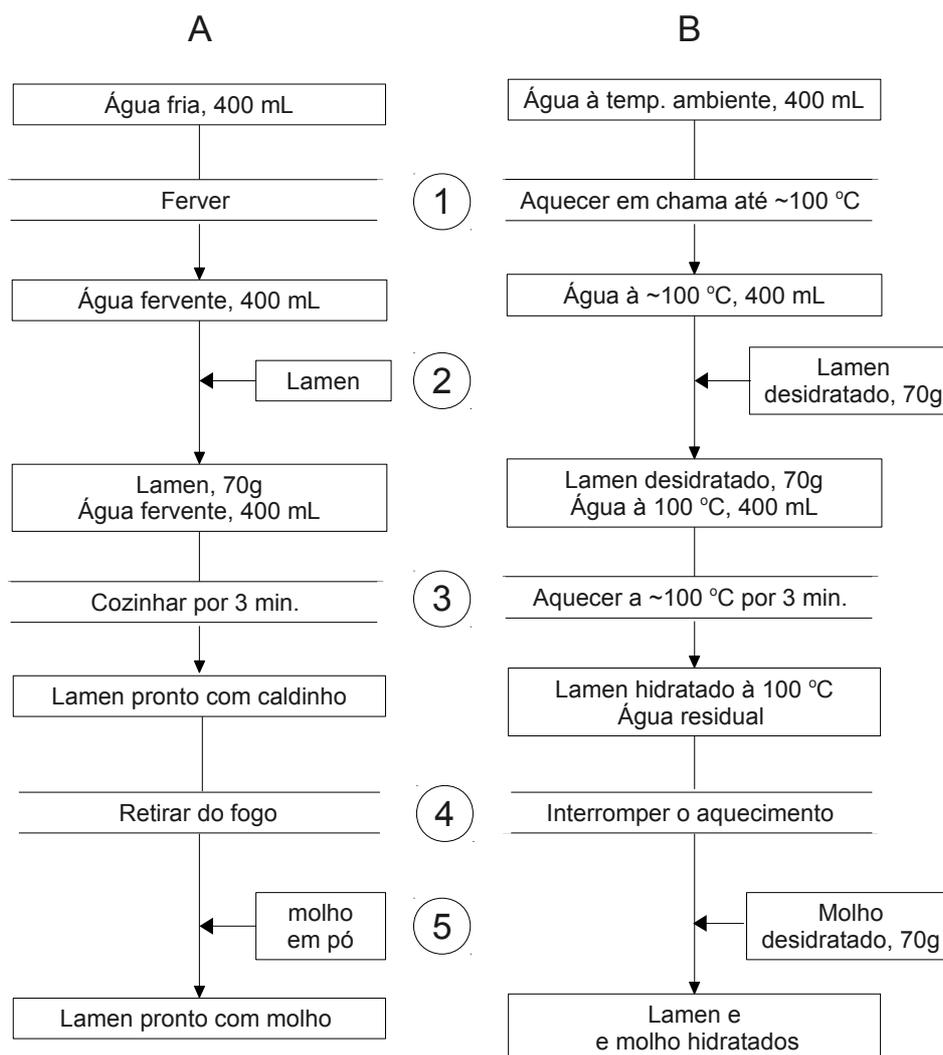
## Construindo fluxogramas

Tomemos como exemplo o caso do procedimento para preparar macarrão instantâneo do tipo “Lamen”<sup>1</sup>.

Na forma textual temos: **Ferva** 400 mL de água; **Junte** o macarrão e **cozinhe** por 3 minutos; **Retire** do fogo e **misture** o tempero.

Note que temos 5 verbos e portanto cinco ações distintas organizadas numa sequência para que se obtenha o produto desejado do processo.

Na forma de fluxograma, consideremos dois casos, A e B, apresentados abaixo:



O caso A é um fluxograma que mantém a linguagem coloquial para os processos, e o caso B é um fluxograma que adota a linguagem técnica, mais próxima daquela utilizada para os procedimentos químicos. A é indicado para a cozinha doméstica, B para um laboratório.

1 Fonte: Embalagem de Nissin Lamen Light. Nissin-Ajinomoto Ltda. 2015.

Note que:

- 1) Nos dois casos, **o número de etapas é o mesmo**, pois se trata do mesmo procedimento, e correspondem aos verbos descritos na forma textual.
- 2) Nos dois casos, as etapas são demarcadas por **alterações no sistema**, seja na sua **composição**, seja nas suas **condições**, conforme a tabela abaixo:

Etapa	Mudança no sistema		Ação
	de	para	
1	Água fria	Água fervente	aquecimento
2	Água fervente	Água com Lamen	adição
3	Lamen desidratado	Lamen hidratado	aquecimento
4	Lamen aquecido	Lamen resfriado	resfriamento
5	Lamen hidratado puro	Lamen com molho	adição sob agitação

- 3) A linguagem técnica do fluxograma B inclui descrições mais precisas para **estados, condições e quantidades** dos materiais envolvidos:
  - a) a temperatura é indicado em graus Celsius
  - b) as quantidades dos materiais são indicadas em gramas
  - c) as ações são descritas em termos técnicos
  - d) o nome e a descrição dos materiais é mais precisa
- 4) Nos dois casos, a linguagem gráfica adotada é tal que:
  - a) setas verticais são usadas para indicar ações que levam às modificações no sistema, bem como para reforçar a sequência de etapas envolvidas no procedimento
  - b) caixas cheias são usadas para designar os materiais, seja no caso da composição do sistema, seja no caso dos materiais que são adicionados no decorrer do processo
  - c) caixas vazadas, incorporadas as setas verticais, indicam as ações realizadas. É o caso da adição de energia mecânica ( ex. agitação) ou calor via aquecimento.
  - d) setas horizontais orientadas para a seta de processo vertical indicam adições de materiais ao sistema.

As diferenças de linguagem não servem para complicar ou “florear” o fluxograma por mero preciosismo ou prática litúrgica, mas para indicar com mais precisão o que se espera que se faça no laboratório, direcionando o uso de equipamentos e técnicas adequados. Estas prerrogativas contribuem com a reprodutibilidade, a eficiência técnica e a segurança, pois para cada operação no laboratório químico, há um procedimento correto visando justamente a estes objetivos.

Consideremos agora o caso de um procedimento químico, a síntese do paracetamol<sup>2</sup>.

### Síntese do Paracetamol

#### A – Segurança e Propriedades das substâncias

Substância	M. Molar, g/mol	T. Fusão, °C	T. Ebulição, °C
4-aminofenol	109,1	187	284
Anidrido Acético	102,09	-73	140
Paracetamol	151,1	169	decompõe

Substância	Toxicidade, segurança
4-aminofenol	irritante
Anidrido Acético	corrosivo, causa queimaduras, inflamável, o vapor é irritante aos olhos e ao trato respiratório. Manusear na capela.
Paracetamol	Não ingerir. O produto obtido não possui grau farmacêutico.

EPI: Usar óculos de proteção, avental e luvas.

#### B – Procedimento

##### B.1 - Síntese

1. Coloque 1g de 4-aminofenol e 9 mL de água destilada num balão de fundo cônico de 50 mL e agite à temperatura ambiente de modo a se obter uma suspensão do sólido na água.
2. Numa capela, adicione 1,1 mL (1,17g) de anidrido acético à suspensão e agite suavemente para misturar. O sólido deverá dissolver-se em cerca de 30 segundos. Continue a agitação e um precipitado irá se formar em cerca de 2 minutos.
3. Depois de 10 minutos de reação, o sólido deve ser filtrado sob pressão reduzida, lavado com água fria e seco.

##### B.2 - Purificação

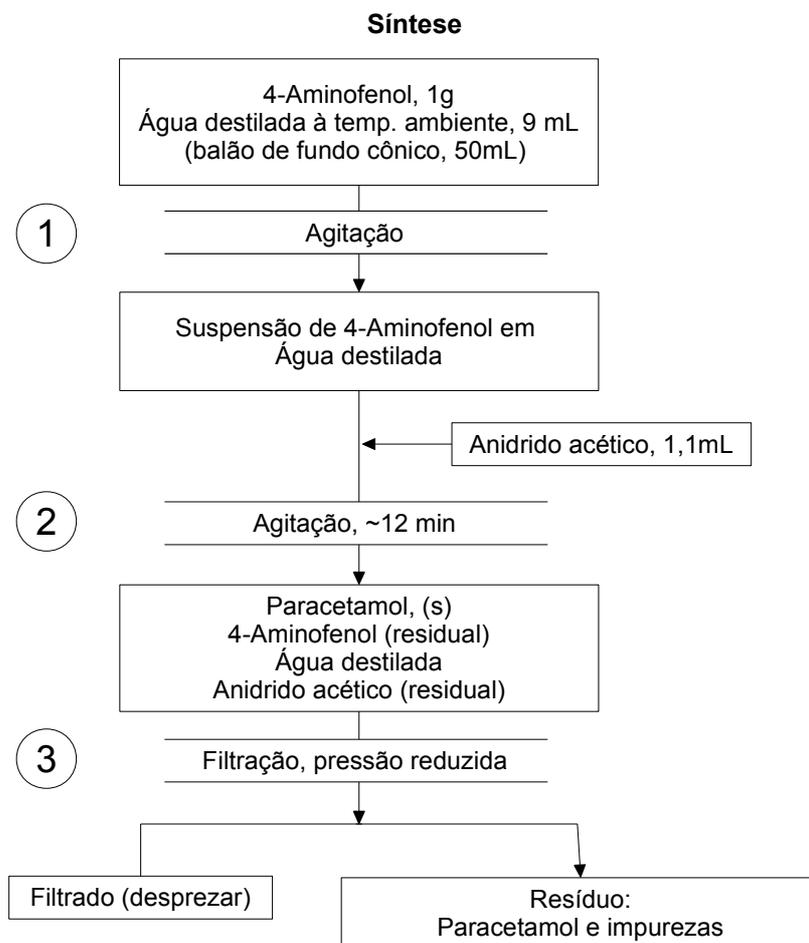
4. Dissolva o sólido obtido em B.1 em quantidade mínima de água aquecida à 80 °C (será necessário cerca de 15 mL)
5. Deixe a solução cristalina resfriar até temperatura ambiente para recristalização do produto.
6. Filtre o produto recristalizado sob pressão reduzida e lave com água destilada gelada.
7. Seque o produto recristalizado em estufa a 50 °C, acondicionando-o entre folhas de papel de filtro. Pese e determine o rendimento.

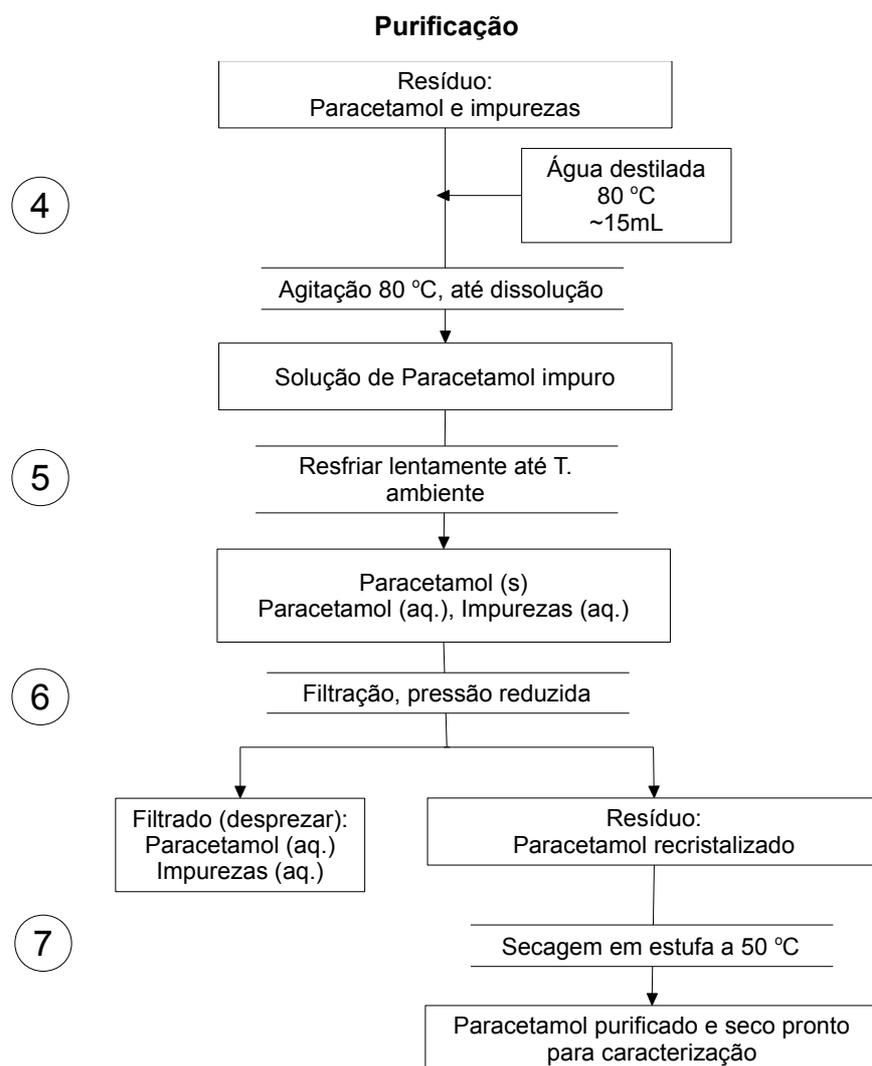
##### B.3 - Caracterização

8. Determine a temperatura de fusão do produto recristalizado (esperado: 169 - 171 °C).

2 Fonte: Frank, E. The preparation of Paracetamol. in: Paracetamol – a curriculum resource. Royal Society of Chemistry. Londres. 2002. Tradução nossa.

Os fluxogramas correspondentes podem ser os seguintes:





Nos fluxogramas propostos para a síntese e purificação do paracetamol segundo o procedimento fornecido, destaca-se:

1. O número de etapas presente no fluxograma corresponde diretamente aquele descrito no procedimento na forma de texto.
2. Todas as substâncias envolvidas foram representadas.
3. Todas as técnicas experimentais foram representadas, na mesma sequência indicada no texto.
4. As etapas que envolvem métodos de separação devem estar claramente indicadas, de modo que se possa reconhecer:
  1. o momento em que ocorre a separação
  2. o aparato usado para a separação
  3. o número de componentes ou frações obtidos após a separação.

No exemplo mostrado temos uma filtração sob pressão reduzida a qual resulta num resíduo sólido e num filtrado líquido.

5. Nem todos os detalhes são expressos no fluxograma, que por vezes condensa informações. Este é o caso da etapa 2 no fluxograma de síntese. No texto, descreve-se com mais detalhes todos os eventos que se sucedem após a adição de anidrido acético ao sistema. Contudo, esta omissão não prejudica o entendimento do que deve ser feito no laboratório.
6. As substâncias representadas possuem destaque e posicionamento distinto, sendo que o 4-aminofenol é a substância principal a qual é adicionado o anidrido acético. Por esta razão é alinhado com eixo principal do fluxograma. Esta diferença não é gratuita ou aleatória. Ela está relacionada à forma como os químicos entendem essa reação: trata-se da acetilação do 4-aminofenol com anidrido acético, e não da decomposição do anidrido acético por adição de 4-aminofenol. Isto implica que, além das questões técnicas, o fluxograma será tanto melhor quanto for a compreensão dos processos químicos e físicos em questão.

## Por que é importante elaborar e interpretar um fluxograma antes de um experimento?

Por meio dos exemplos tratados até aqui, alguns princípios gerais sobre a construção de fluxograma foram expostos. Contudo, convém explicitar pontualmente algumas vantagens em dedicar algum tempo para elaborar e interpretar fluxogramas, sobretudo aos iniciantes em química:

### **1) Contribuição para o trabalho no laboratório**

Ao produzir o fluxograma a partir do texto que descreve o procedimento experimental, o experimentador pode organizar previamente suas ideias e as ações que se seguirão no laboratório, evitando a leitura pontual de um procedimento desconhecido no ato da realização do experimento. Isto diminui a chance de erros, facilita a organização dos materiais e equipamentos na bancada, o planejamento do tempo e interfere positivamente na qualidade dos resultados experimentais obtidos. Mesmo para o químico experiente, a revisão de procedimentos conhecidos se faz mais ágil por meio dos fluxogramas.

### **2) Pensar quimicamente e relacionar o conceito à prática experimental**

O ato de produzir um fluxograma a partir do procedimento não é uma mera transposição do texto para a linguagem gráfica, mas sim uma oportunidade para entender o que de fato será feito no laboratório. Se organizado de forma a considerar os conceitos químicos envolvidos, o fluxograma experimental exprime também a conexão entre a compreensão que os químicos têm de um processo e a forma como o fazem no laboratório. Ou, em outras palavras, fazer um fluxograma é uma oportunidade para pensar quimicamente um problema experimental ao invés de simplesmente executá-lo com eficiência e segurança.